



TITLE:

不純物中の異方的超流動ヘリウム3(不均一超伝導超流動状態と量子物理,研究会報告)

AUTHOR(S):

石川, 修六

CITATION:

石川, 修六. 不純物中の異方的超流動ヘリウム3(不均一超伝導超流動状態と量子物理,研究会報告). 物性研究 2008, 91(3): 255-255

ISSUE DATE:

2008-12-20

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/142711>

RIGHT:

不純物中の異方的超流動ヘリウム 3

大阪市立大学大学院理学研究科

石川修六

異方的超流動ヘリウム 3 に及ぼす不純物効果を研究する場として、エアロジェル中の超流動ヘリウム 3 がある。エアロジェルは直径が数 nm のシリカの紐から構成される非常に空孔率が高い物質である。断熱性に優れるため断熱材料として使われている。実験で用いたシリカの直径は約 8 nm であり、空孔率は 97% 以上である。エアロジェルの特徴的な長さとしては、紐間の平均距離、強相関長などがあるが、用いたエアロジェルではこれらは数 10 から 100 nm 程度の長さであり、圧力変化する超流動コヒーレンス長と同程度である。従ってコヒーレンス長が短い高圧力での超流動性抑制は少ないが、低圧力では大きな抑制が起こる。我々は超流動性の抑制だけでなく、新たな物理現象の発見を目指して研究を進めている。

エアロジェル中では 2 つの超流動安定相がある。高温相はバルク液体の A 相、低温相は B 相にそれぞれ似ている。超流動性の抑制は、転移温度の抑制、超流動密度の抑制、あるいは双極子相互作用の大きさに表れる。不純物間の平均距離は抑制を定性的に評価できる物理量であるが、定量的にはエアロジェルの構造を反映するモデルが必要であることがわかってきた。圧力変化する超流動コヒーレンス長から予想されたように、低圧力では絶対零度でも超流動にならないことが観測された。圧力変化による量子相転移が起こることになる。今回は、我々の最近の研究から得られた 2 つの点を紹介する。1 つは高温相 (A-like 相) と低温相 (B-like 相) の共存についてであり、もう 1 つは低温相での第 4 音波のエネルギー損失についてである。

1. 高温からの冷却は途中で超流動相内の相転移を引き起こす。バルク液体では試料セル全体で相転移が起こり安定な状態としての共存は観測されない。しかし、エアロジェル中では安定な共存が観測された。このときに B-like 相が A-like 相内の特定の場所から発生していることがわかった。スピン波の振る舞いから試料セル内で A-like 相があるテクスチャ構造となっており、これに起因する B-like 相への相転移の可能性が示唆される。2 つの超流動相の界面と不純物との関係などまだ不明なことが多い。
2. B-like 相から昇温するときの第 4 音波の振る舞いは、エアロジェルがないときの粘性流体的なエネルギー損失の機構がもはや主ではないことを示している。粘性平均自由行程が不純物間の距離によって制限されるためである。エネルギー損失を担う常流動成分の速度プロファイルはポワズイユ型からドゥルーデ型に変わり、この結果提案されたモデルは摩擦緩和モデルである[1]。このモデルでの摩擦緩和時間を約 10^{-7} [sec] とすると、エネルギー損失だけでなく、空孔率に依存する摩擦緩和時間の実験結果をよく説明することがわかった。他の輸送現象で得られる緩和時間の測定を行うことで、輸送現象に及ぼす不純物効果の総括的な描像が得られることが期待される。

[1] S. Higashitani, M. Miura, M. Yamamoto, and K. Nagai, Phys. Rev. B71 134508 (2005)